

# WNS 型燃油、燃气锅炉技术现状与发展方向

王怀彬, 孟莉莉

(哈尔滨工业大学能源学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:** 对现有的 WNS 型燃油、燃气锅炉的机体结构进行了分析比较, 指出对于三回程湿背式锅炉去掉回燃室是其改进的一个方向; 而中心回燃式燃油、燃气锅炉则是中小型燃油、燃气锅炉发展过程中值得推广的一种炉型。此外, 还对 WNS 型燃油、燃气锅炉控制系统进行了论述, 根据其特点, 指出完全智能化控制及远程技术服务系统是其未来发展的趋势。

**关键词:** WNS 燃油、燃气锅炉; 中心回燃; 发展方向

中图分类号: TK229.7

文献标识码: A

## 1 前言

随着经济的发展和环保意识的逐渐加强, 燃油、燃气锅炉近年来发展很快。从国外的统计情况来看, 燃油、燃气锅炉供热(汽)已占较大比例, 美国占 98%, 日本占 99%<sup>[1]</sup>。而 WNS 型锅炉作为燃油、燃气锅炉的一种, 则又以其结构紧凑、体积小、自动化程度高、安装方便、运行安全可靠等优点, 为大多数中小型燃油、燃气锅炉所采用, 发展趋势良好。

WNS 型燃油、燃气锅炉在炉型发展方向之所以受到重视, 是由于它与水管锅炉相比具有以下特点<sup>[2]</sup>:

(1) 高和宽尺寸较小, 适合组装化的要求, 锅壳结构也使锅炉维护结构简化, 比组装水管锅

炉有明显优点。

(2) 采用微正压燃烧, 密封问题容易解决, 而且炉胆的形状有利于燃油、燃气燃烧。

(3) 由于采用新的传热技术(如螺纹式烟管等), 传热性能接近一般的水管锅炉水平, 克服了烟管传热性能差的缺点。

(4) 对水处理要求低, 水容积大; 对负荷变化的适应性强。

WNS 型燃油、燃气锅炉是国外首先开发研制的一种炉型, 发展较早的有英国的 B&E 锅炉公司、德国的特达尔洛斯公司及日本的川崎重工冷热工业株式会社等<sup>[3]</sup>。国外的 WNS 燃油、燃气锅炉蒸发量一般为 0.71 ~ 30 t/h, 效率约 83% ~ 90%, 具有外型优美、自动化程度高等特点。我国的 WNS 燃油、燃气锅炉起步较晚, 与国际先进水平尚有不小的差距。在经过了引进产品、仿制、吸收消化和自行研制等阶段之后, 现有产品系列已较完整, 目前已经拥有系列产品<sup>[4]</sup>。这些产品大都配用国外的燃烧器, 国内生产的燃烧器燃烧性能好、价格便宜, 但燃烧器的安装较为复杂, 自控水平不高。

## 2 WNS 型燃油、燃气锅炉的技术现状

### 2.1 本体结构布置与特点

WNS 型燃油、燃气锅炉的结构已基本定型<sup>[5]</sup>: 即从回燃室形式来看有湿背、干背、中(偏)心回燃之分(见图 1 ~ 图 3); 从炉膛数量上分有单炉胆、多炉胆(如双炉胆等)。一般国外生产的 16 ~ 30 t/h 的锅炉均为双炉胆锅炉。炉胆结构分为平直炉胆、波形炉胆, 后者加大了炉胆的受热面积, 可强化传热。根据炉胆的布置又可分为对称型和非对称型两种; 所谓对称型是指炉胆布置在锅壳对称中心线上, 水循环是两个对称的回流, 形成在炉胆下方有一相对“平静”区, 使水渣、水垢等容易集中沉淀, 有利于通过排污口排出。另外, 拉撑管和拉撑板也是左右对称布置的, 从受力情况和膨胀角度分析也是比较合理的。不对称型是指炉胆偏心布置。这种结构有利于水的循环, 使冷炉启动时间缩短, 锅炉温度均匀。就烟气流程又可分为二回程、三回程、四回程锅炉。对同容量锅炉来说, 回程数量多的锅炉受热面积也大, 单位受热面平均吸热量小, 锅炉可获得较高的效率和较平稳的效率特性, 低负荷时, 效率下降较小。美国生产的 CB 锅炉即为四回程锅炉。

干背式锅炉如图 1 所示, 燃烧器喷出燃料点燃后生成的燃烧产物到达炉胆的另一端后, 经耐火砖隔成的烟室折转进入烟管,

多为二、三回程结构。其优点是结构简单,制造省工时;打开锅炉后端盖后,火管和炉胆都可以检查和维修。但干背式锅炉没有回燃室,燃烧器喷出燃料点燃后生成的燃烧产物和面积有限的炉胆换热,炉胆出口的高温烟气直接冲刷后管板,内外温差较大。炉胆后部的耐火材料每隔一段时间就需要更换,锅炉容量越大,这一情况越严重。因此,一般2t/h以上的锅炉不采用这种结构。

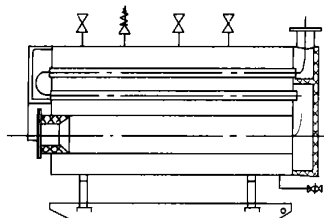


图1 干背式锅炉

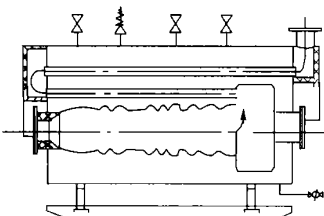


图2 湿背式锅炉

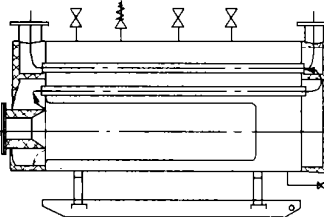


图3 中心回燃式锅炉

湿背式锅炉如图2所示,炉胆末端和二回程的起端与浸在炉水中的回燃室相连,回燃室也能够传热,约占5%的传热面积,热效率高,且不存在耐火材料的更换问题,散热损失也小,锅炉后管板也不受烟气的直接冲刷,解决了干背式锅炉后管板过热的问题。同时由于湿背式结构避免了折返空间的烟气密封问题,更适

合于微正压燃烧。但湿背式结构有回燃室,结构较复杂,与回燃室相连的炉胆和烟管的检修也比较困难<sup>6~7</sup>。

中心回燃式锅炉炉内气流组织与前两者不同,在炉内组成反向气流,烟气第一回程和第二回程同在炉膛内,构成所谓的回焰燃烧。从传热学的角度看,本质上是直径炉胆的二回程锅炉。该结构有如下优点<sup>8</sup>：

(1) 由于高速火焰对回流较冷烟气的卷吸作用,很快降低了火焰的温度,炉内温度场更趋均匀,而降低火焰温度是抑制NO<sub>x</sub>生成的有效措施,因此这种锅炉具有很好的环保性能。

(2) 这种炉型制造工艺简单,节省工时,减少制造成本。

(3) 中心回燃式燃油、燃气锅炉只有一组烟管,有效的降低了烟风阻力,可减少燃烧器鼓风机的电耗。

(4) 中心回燃式燃油、燃气锅炉炉胆空间大,有效辐射受热面大,燃烧室内的吸热量在吸热量中占很大比例。而我们知道燃烧室辐射换热量与温度的四次方成正比;对流换热量仅与温度的一次方成正比。可见中心回燃式燃油、燃气锅炉的受热面得到了充分利用。

(5) 该结构散热损失少,可获得比其它结构高的热效率。和干背式相比,没有后烟箱盖的散热;和湿背式锅炉相比,因为本体流阻小,其前烟箱盖可采用夹层风冷的两层结构,燃烧用的空气从耐火层外侧进入,一方面起冷却作用,降低烟箱盖的表面温度,

另一方面被预热的空气可强化燃烧。

### 2.2 自动控制系统

WNS 燃油、燃气锅炉均采用全自动控制系统<sup>9</sup>,一般由三部分组成。第一部分包括所有一体化安装在燃烧器上的元器件,主要是风量调节装置、点火变压器、火焰监测探头和稳焰器等。第二部分是电控制部分。该部分的作用是控制第一部分的元器件能正常可靠的工作。第三部分是安装在锅炉上的测量元器件,如压力表、温度计等。由这些测量元器件通过电控系统对燃烧器进行“开—停”或“半负荷—全负荷”或“连续渐进”控制。

WNS 燃油、燃气锅炉自动控制主要是点火程序控制、熄火保

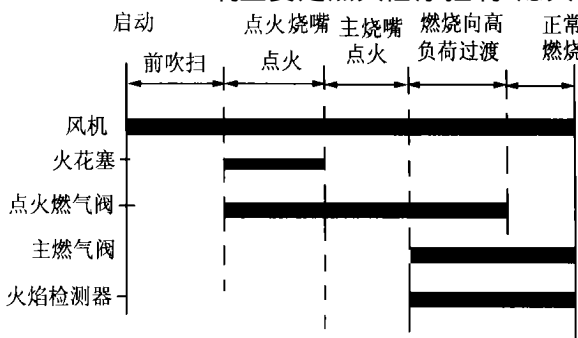


图4 点火程序控制工作程序示意图

护控制<sup>10</sup>。

点火程序控制一般由燃料检测系统和计时器(一种具有延时功能的继电器)来进行控制。图4为燃烧锅炉点火程序控制的原理图。

按下启动开关,引风机便开始动作,待引风机电流正常后,送风机随之动作,进行前吹扫。若无其它异常变化,点火系统的阀门打开将点火所需燃料供给喷嘴;喷嘴燃烧控制阀打开,此时应处于低流量燃烧状态,火焰检测器依据燃烧情况,发出检测信号

来加大燃料流量调节阀及风机风门的开度;燃烧状态正常后,点火系统的阀门即关闭。

熄火保护装置的基本形式如图 5 所示。该装置由三个重要部件(即火焰检测器、保护继电器、燃料紧急切断阀)组成。

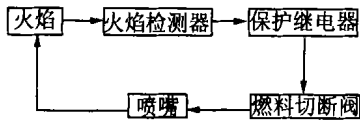


图 5 熄火保护装置的基本形式

当燃烧室内壁的温度低于燃点时,喷嘴火焰熄灭。若为燃气锅炉,当炉膛内燃气体积浓度达到爆炸区间时,如果遇金属撞击或放电等产生的火花会发生爆炸。因此,应由火焰检测器来确认主喷嘴部位的燃烧状态,实现对燃料流量的控制<sup>[11~14]</sup>。

燃烧控制一般分有级调节和无级调节两种。国产及部分进口的 WNS 燃油、燃气锅炉所配燃烧器均配置有级调节,分一、二、三级,即通常所说的大小火。有些进口锅炉,如美国的 CB、富尔顿,其锅炉燃烧器为本厂配套制造,大多为无级调节。这种类型燃烧器其燃料供给量随热负荷改变而改变,克服了有级调节对锅炉热冲击力大的缺点,运行稳定,燃料损失少,但价格较高<sup>[15]</sup>。

### 3 发展方向

关于 WNS 燃油、燃气锅炉的发展,可以从两个方面来考虑。

从本体结构上看目前大多数 WNS 燃油、燃气锅炉采用三回程湿背式结构。但这种结构存在问题,如其转烟室结构比较复杂,制造工艺繁琐,相对制造成本

较高等;而且从强度方面来看,后管板高温下密集开孔,也会影响锅炉的安全性。因此考虑去掉回燃室将是这种炉型发展的一个方向。从前述的对干背式、湿背式、中心回燃式三种结构的比较来看,中心回燃式结构具有明显的优势,应该值得推广。中心回燃式锅炉是英国的一项革新技术。20 世纪 60 年代日本平川铁工所生产的 MP-800 型和 MP-2000 型锅炉即采用这种结构。目前发展较好的有意大利的 NVA 和法国的吉尤。我国自引进以来发展得不太理想,存在一定的问题,需要改进。另外,由于热水锅炉不需要留有汽空间,因此特别适合这种炉型<sup>[16]</sup>。

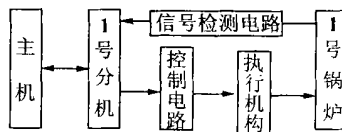


图 6 微机网络控制系统示意图

从控制方面来看,未来的 WNS 燃油、燃气锅炉应实现完全的智能化和远程咨询服务。锅炉可根据室温等参数变化自动起停,并通过计算机网络完成故障诊断和处理。具体微机控制系统可由主机、分机、信号检测电路、控制电路、执行机构等部分组成,如图 6 所示。主机也称控制机,主要用于接收分机发送过来的检测数据。分机控制系统可根据需要灵活配置,主要包括 CPU 板、A/D 板、D/A 板、通信、显示板、显示器等<sup>[17~18]</sup>。其主要任务是对模拟检测信号进行数据处理并向主机传送数据,根据检测信号控制锅炉。当锅炉发生故障时,发出呼叫信号,主机进行响应,给予及时处理。

### 4 结论

通过分析比较,从结构方面看,三回程湿背式锅炉去掉回燃室无论从制造方面,还是从维护方面都是重要的技术进步,是三回程湿背式锅炉发展的一个方向。中心回燃式锅炉结构简单、环保性能好、制造成本和运行成本低,是 WNS 燃油、燃气锅炉(特别是热水锅炉)发展过程中值得推广的一种炉型。从控制方面看,实现完全智能化控制及远程技术服务系统是 WNS 燃油、燃气锅炉发展的必然方向。

### 参考文献:

- [1] 燃油、燃气锅炉房设计手册编写组. 燃油、燃气锅炉房设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [2] 中小型燃气锅炉房设计手册编写组. 中小型燃气锅炉房设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981.
- [3] 黄文广. 国外锅炉产品汇编[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- [4] 黄家瑶. WNS 系列 0.5~10 t/h 全自动燃油锅炉的研制与开发[J]. 工业锅炉, 1997, (4): 17-24.
- [5] MILTON J.H. Marine steam boilers[M]. Forth Edition, London: Newnes-butewrths, 1980.
- [6] 梁延凤, 李绍丰. 小型燃油锅炉结构特点和自然循环贯流式燃油锅炉的应用[J]. 锅炉压力容器安全技术, 1999 (5): 17-21.
- [7] 谷企平. 燃油锅炉几个实际问题及探析[J]. 工业锅炉, 1996(1): 11-12.
- [8] 张永照. 能源、环保方针和我国工业锅炉发展展望[J]. 工业锅炉, 1999(1): 3-9.
- [9] 高玉宽, 陈炳荣, 朱小云, 等. 卧式内燃燃油、燃气锅炉的结构和设计[J]. 热能动力工程, 1999 14(2): 122-124.
- [10] Weishaupt Company, Installation and operating instructions weishaupt oil burner L. RL. M/MS RM/RMS. Sizes I to II Sizes 50 to 70 [R]. 1989.

# 高温燃料电池—燃气轮机混合发电系统性能分析

张会生, 刘永文, 苏明, 翁史烈

(上海交通大学 动力与能源工程学院, 上海 200030)

**摘要:** 针对高温燃料电池系统的高效率、环保性以及排气废热的巨大利用潜能, 将其与燃气轮机组成混合装置进行发电是未来分布式发电的一种极有前景的方案。文中对高温燃料电池及混合循环系统作了简介, 并对两种典型的高温燃料电池—燃气轮机混合循环发电系统进行了性能分析, 这将为我国高温燃料电池—燃气轮机混合循环系统的研制提供参考。

**关键词:** 熔融碳酸盐燃料电池; 固体氧化物燃料电池; 燃气轮机; 混合装置; 分布式发电

中图分类号: TM911.4 文献标识码: A

## 1 前言

高温燃料电池是指堆内工作温度和排气温度较高的燃料电池, 这类燃料电池包括熔融碳酸盐燃料电池(Molten Carbonate Fuel Cell)和固体氧化物燃料电池(Solid Oxide Fuel Cell); 其中熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)的工作温度是 $600\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 固体氧化物燃料电池(SOFC)的工作温度是 $800\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 1\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。当工作温度在 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时, 天然气、煤气、石油气、沼气等都可以被重整而加以利用, 而且燃料本身转换效率高<sup>[2]</sup>。高温燃料电池可以直接使用煤气, 这对于以煤炭为主要能源的我国解决提高能源使用效率、减少二氧化硫排放等问题上有重要意义<sup>[2]</sup>。此

外, 在高温条件下, 燃料电池可以不采用贵金属, 如铂金等作催化剂, 这样可以降低燃料电池的成本, 从而为其商用化提供了条件。

本文所讨论的高温燃料电池最主要的一个优点还在于: 高品位的废热使得高温燃料电池可以和其它装置组成各种联合循环系统, 从而大幅度地提高燃料的利用效率。在这各种联合循环系统中, 和燃气轮机组成混合装置是其最佳选择<sup>[3~5]</sup>; 一方面, 燃气轮机技术已趋完善, 混合装置效率可达到 $70\%\sim 80\%$ (燃料的低热值)。另一方面, 其排放指标很低( $\text{NO}_x$ 和CO), 可以满足环保方面的要求。此外, 随着微型燃气轮机的出现以及模块化燃料电池技术的成熟, 这两种系统的参数相容, 组成混合循环具有一定的可行性, 并对分布式发电市场具有十分重要的意义<sup>[6~7]</sup>。

## 2 混合循环系统结构

高温燃料电池—燃气轮机混合循环的结构各种各样, 典型的混合循环结构包括顶层循环和底层循环<sup>[4~5]</sup>。顶层循环是指燃料电池取代燃烧室和发电机, 燃气轮机用于电厂的平衡; 通常顶层循环要求燃料电池内部的流动及工作处于一定的压力状态下。

收稿日期: 2001-08-23; 修订日期: 2001-10-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50176031); 国家973计划基金资助项目(G1999022303)

作者简介: 张会生(1971-), 男, 山西临猗人, 上海交通大学副教授。

[11] CUENOD COMPANY. Operating and Maintenance for Cuenod Burner C4~C34, C55~420[R]. 1987.

[12] CLERVER BROOKS COMPANY. Operating Instruction for Cleaver Brooks Model CN. Series 100~200~300~400~600~700[R], 1990.

[13] Nu-May Company. Handbook for Nu-Way Burner Series NOL Fully Automatic Oil Burner Model NOL 18 to 100~38[R]. 1990.

[14] 严和钦, 刘灿华. 燃油锅炉房设计中若干问题探讨[J]. 化工设计, 1999, 9(1): 33-35.

[15] 张文华. WNS型燃油(气)热水锅炉设计的几点构想[J]. 工业锅炉, 1997(4): 15-16.

[16] 董爱华. 燃油锅炉微机控制系统[J]. 煤矿自动化, 1999(3): 3-5.

[17] 施秉仁. 微机控制系统在工业锅炉上的应用及效果[J]. 节能, 2001(1): 17-21.

(辉 编辑)

热经济学研究的使命与任务 = **Mission and Assignments of Thermoconomics Research** [刊, 汉] / WANG Jia-xuan, WANG Qing-zhao, SONG Nai-hui (Power Engineering Department, North China Electric Power University, Beijing, China, Post Code: 102206) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(2). — 111 ~ 114

Two basic methods of thermodynamics analysis and its development are expounded along with a description of the fundamental character of exergy, explaining why the latter serves as the parameters of potential. The thermoconomics-related thermodynamics basic research issues are explored, enunciating the influence of exergy law on thermoconomics. The value-setting law of the thermoconomics is described and some observations on its unified-direction development problems are presented. In conclusion, a brief account is given of some advances in the model building of ecological system network thermodynamics in connection with the ecology-balanced thermoconomics. **Key words:** thermodynamics analysis, thermoconomics, ecology system, model building

WNS 型燃油、燃气锅炉技术现状与发展方向 = **Present Situation and Direction of Development of Model WNS Oil/Gas-fired Boiler Technology** [刊, 汉] / WANG Huai-bin, MENG Li-li (Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(2). — 115 ~ 117

An analysis and comparison is conducted of the construction of existing model WNS oil-fired and gas-fired boiler proper. On this basis the authors point out that the elimination of its back-burning furnace represents an improvement in the right direction for three-pass wetback boilers. On the other hand, central return-burning type of oil and gas-fired boilers pertain to a type of small and medium-sized oil and gas boilers worthy of popularization in the process of their development. Also discussed is the control system of the model WNS oil and gas-fired boilers. In the light of their specific features it is noted that a fully intellectualized control and remote-operated technical service system is their trend of future development. **Key words:** oil-fired boiler, gas-fired boiler, central return burning, direction of development

高温燃料电池—燃气轮机混合发电系统性能分析 = **Performance Analysis of a High-temperature Fuel Cell and Gas Turbine Hybrid Power Generation System** [刊, 汉] / ZHANG Hui-sheng, LIU Yong-wen, SU Ming, WENG Shi-lie (Power and Energy Source Engineering Institute under the Jiaotong University, Shanghai, China, Post Code: 200030) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(2). — 118 ~ 121

High-temperature fuel cell system features high-efficiency, environmental friendliness and enormous potential of exhaust gas waste-heat utilization. The combination of this system with a gas turbine to form a hybrid power plant can well be regarded as a very promising scheme of future distributed power generation. A brief description is given of the high-temperature fuel cell and the hybrid cycle system consisting of the fuel cell and a gas turbine. This is followed by a performance analysis of two typical hybrid systems (topping cycle and bottoming one). The above work can provide some informative materials and data for the development of the high-temperature fuel cell and gas turbine hybrid cycle system in China. **Key words:** molten carbonate fuel cell, solid oxide fuel cell, gas turbine, hybrid plant, distributed power generation

环境温度对湿空气透平(HAT)循环性能的影响 = **The Effect of Ambient Temperature on the Performance of a Humid Air Turbine (HAT) Cycle Performance** [刊, 汉] / ZHAO Li-feng, XIAO Yun-han, ZHANG Shi-zheng (Institute of Engineering Thermophysics under the Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, Post Code: 100080) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(2). — 122 ~ 125

Based on the building of an off-design performance model for the various components in a humid air turbine (HAT) cycle the authors have analyzed the off-design performance of a HAT cycle, which was compared with that of a simple intercooling cycle. The results of the comparison show that the HAT cycle enjoys a good off-design performance. **Key words:** hu-